

# 다양한 PPP 밀도에서의 CSMA/CA Contention Window 사이즈의 변화

조수현\*

\*홍익대학교 교양과

e-mail : cho.soo Hyun@hongik.ac.kr

## Contention Window Sizes of CSMA/CA Wireless Networks in Different PPP Setups

Soo Hyun Cho\*

\*Dept. of General Study, Hongik University

### 요 약

CSMA/CA 기반 무선 네트워크에서 장치들은 패킷 충돌을 회피하기 위해 무선 채널을 타 장치가 사용 중인 것을 감지하면 데이터를 전송하지 않고 대기 (Backoff) 한다. 이 Backoff 는 Contention Window (CW) 의 크기를 변경하고 Backoff 시간은 이 CW 의 크기에 따라 확률적으로 결정된다. 따라서 CW 의 크기는 무선 네트워크의 상태를 나타내는 중요한 지표가 될 수 있다. 본 논문에서는 상대적으로 넓은 공간에서 IEEE 802.11a 무선네트워크의 Access Point 와 사용자들이 Poisson point process (PPP)를 기반으로 분포되어 Hidden Terminal 이 존재할 수 있는 상황에서 CW 의 크기 변화를 시뮬레이션을 통해 분석한다.

### 1. 서론

Carrier Sensing Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA) 메커니즘을 기반으로 하는 IEEE 802.11 [11] 계열 무선 네트워크는 LTE 등 Cellular 이동 통신 서비스의 보편화에도 불구하고 그 사용 기반이 지속적으로 확대되고 있다. 이는 IEEE 802.11 계열 무선네트워크의 Access Point (AP)가 설치 및 운용에 있어 간편한 점과 이동 통신 대비 저렴한 비용으로 무선 인터넷을 사용할 수 있다는 점 등을 그 이유로 볼 수 있다. 또한 IEEE 802.11 계열 무선 네트워크는 기술 진보를 통해 그 성능이 지속적으로 향상되고 있어 무선을 통한 인터넷 접속뿐만 아니라 IoT 서비스, IPTV 시청 등 다양한 응용 분야로 그 활용도가 점점 더 확대되고 있다.

하지만 IEEE 802.11 무선 네트워크 용 AP 가 일반 개인도 어렵지 않게 설치 및 운용할 수 있음에 따라 많은 수의 IEEE 802.11 무선 네트워크 셀들이 경우에 따라 무작위로 구축되어 사용자 간 혼잡은 물론 셀 간 간섭 현상의 발생으로 그 성능이 저하될 수 있다. 이에 대해 본 논문에서는 IEEE 802.11 무선 네트워크 성능에 많은 영향을 미치는 Hidden Terminal 들이 존재할 수 있는 상대적으로 넓은 공간에서 CSMA/CA 의 핵심 동작 메커니즘을 형성하는 Contention Window (CW) 사이즈의 변화가 AP 및 사용자 (또는 무선 단말)의 밀도 변화에 따라 어떠한 차이를 보이는지를 시뮬레이션을 통해 분석한다.

### 2. PPP 및 Contention Window

최근 Cellular 무선 통신에서는 셀 및 사용자 간 간섭 및 혼잡을 분석하고 성능을 향상시키기 위해 Poisson Point Process (PPP) 등 Stochastic Geometry 이론들이 많이 이용되고 있다 [2]. 통신 사업자들이 예산 및 정책 등에 따라 계획 하에 구축하는 이동통신 용 기지국 또는 중계기의 위치 분포에 비해 일반 개인들이 구축할 수 있는 AP 들로 이루어 지는 IEEE 802.11 무선 네트워크에서 AP 및 사용자의 위치 분포를 PPP 를 이용하여 모델링 하는 것은 이동통신망의 경우보다 적절하다고 볼 수 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 무선 네트워크의 AP 와 사용자들이 Homogeneous PPP 를 통해 한 영역에 분산되어 분포되어 있는 환경을 가정한다.

또한 본 논문에서는 CSMA/CA 기반 IEEE 802.11 네트워크를 사용하는 장치(AP 및 무선 단말)들이 전송 데이터들 간 충돌을 회피하기 위해 Distributed Coordination Function (DCF) [1]을 사용하는 경우를 고려한다. 이 환경에서는 무선 장치들이 데이터를 보내기 전에 무선 채널을 타 장치가 이용 중인지 여부를 확인하고 타 장치가 이용 중인 경우 데이터를 보내지 않도록 하여 (Backoff) 충돌을 줄인다. 이 Backoff 시간은 CW 의 크기를 통해 확률적으로 결정된다. CW 의 크기는 Backoff 가 일어날 때 마다 최대값에 도달하기 전까지 2 배씩 증가한다. CSMA/CA 의 성능을 결

정할 수 있는 핵심적인 역할을 하는 이 CW의 크기 조절과 Backoff 동작의 분석 및 성능 향상을 위해 많은 연구가 이루어 졌으나 [3], 대다수의 연구에서 모든 무선 장치들이 하나의 AP와 통신하거나 모든 무선 장치들이 다른 장치들의 통신 상황을 모두 알 수 있다는 가정 하에서 충돌 확률 및 Throughput 등 그 성능을 연구하였다. 하지만 본 논문에서는 비교적 넓은 영역에 AP와 무선 단말들이 PPP를 통해 분포됨으로써 통신 Link들의 거리가 일정하지 않으며 Hidden Terminal이 생길 수 있는 환경에서 CW의 변화를 ns-2 [4] 시뮬레이션을 통해 분석한다.

### 3. 시뮬레이션 환경 및 결과

본 논문의 시뮬레이션은 IEEE 802.11a [5] 무선네트워크를 대상으로 하였다. 표 1은 IEEE 802.11a 무선네트워크를 시뮬레이션 하기 위해 ns-2 (version 2.35)에 사용된 파라미터들과 관련 환경들을 표시하고 있다.

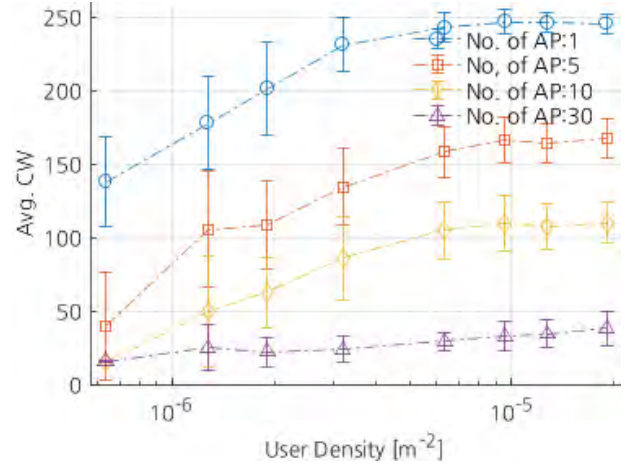
<표 1> Parameters used in simulations

Parameter	Value
Carrier frequency	5.18GHz
AP (및 단말) transmit power	100 mW
Power monitoring threshold	-99 dBm
Carrier sense threshold	-82 dBm
Noise floor	-96 dBm
SINR preamble capture	4 dB
Slot time	9 us
SIFS time	16 us
Minimum CW size	15
Maximum CW size	1023
Short retry limit	4
Long retry limit	7
Header duration	20 us
Symbol duration	4 us
RTS threshold	3,000 byte
Data payload	1,000 byte
Antenna height	1.5 m
Antenna gain	0 dB
Radio propagation model	Fixed path loss ( $\alpha = 4$ )
Routing	NoAH [6]
Traffic	CBR 30Mbps
Modulation & coding	BPSK, 1/2 coding

모든 무선 단말들은 시뮬레이션을 시작하기 전에 수신 신호가 가장 강한 (즉, 가장 가까이 있는) AP에 연결이 되었다고 가정한다. 시뮬레이션의 대상 영역은 지름이 2,000 m인 원형의 평면 공간이며, 이 영역에 AP들과 무선 단말들이 각각 독립적인 밀도를 가지는 Homogeneous PPP를 통해 분포된다. 정밀한 시뮬레이션을 위해 ns-2의 IEEE 802.11Ext [7] 모듈이 사용되었으며 각 무선 채널은 BPSK를 통해 약 6 Mbps의 전송 속도를 가진다. 모든 AP와 무선 단말은 동일한 무선 채널에서 Half-Duplex로 동작한다.

다양한 환경을 시뮬레이션 하기 위해 AP의 개수는 1, 5, 10, 30인 네 가지의 경우, 무선 단말의 개수는 2, 4, 6, 10, 20, 30, 40, 60의 8가지 경우를 조합한다. 모든

무선 단말들은 시뮬레이션의 시작과 동시에 가장 가까운 AP로 30 Mbps의 속도를 가지는 Constant Bit Rate (CBR) Traffic을 전송한다. 2초의 시뮬레이션 시간 동안 각 무선 단말의 CW 크기의 시간 평균을 구하고, 모든 단말에 있어 이 값들의 (공간) 평균 값을 계산하였다. 모든 시뮬레이션은 10회 반복되었으며 그 평균 값들이 95% Confidence Interval과 함께 그림 1에 보여지고 있다.



(그림 1) AP 및 사용자 밀도 변화에 따른 CW 변화

그림 1에서 각 시나리오 (AP 개수 및 사용자 밀도) 별 달라지는 단말 전체 평균 CW의 변화를 볼 수 있다. 그림 1을 통해 동일한 AP의 개수에서 사용자의 수 (즉, 상향 Traffic 개수)가 증가할수록 평균 CW의 크기가 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 더 많은 수의 AP가 도입될수록 단말들의 평균 CW의 크기는 감소함을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 비교적 넓은 지역에 CSMA/CA 기반 AP와 무선 단말들이 다양한 PPP 밀도로 분포되어 Hidden Terminal이 존재할 수 있는 환경에서 단말들의 평균 CW의 변화를 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 다. 향후 이러한 환경이 Backoff 동작 및 Throughput 등 전체적인 성능에 미치는 영향에 대해 추가 분석이 진행될 예정이다.

### 참고문헌

- [1] IEEE 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", 2012.
- [2] S. Chiu, D. Stoyan, W. S. Kendall, J. Mecke, "Stochastic Geometry and its Applications. 3rd ed.", Wiley, 2013.
- [3] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function", IEEE Journal of selected areas in communications, Vol. 18 No. 3, 2000.
- [4] The Network Simulator - ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.
- [5] IEEE Std 802.11a-1999(R2003) Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY), 2003.
- [6] J. Widmer, "NO Ad-hoc Routing Agent", <http://icapeople.epfl.ch/widmer/uwb/ns-2/noah>.
- [7] Q. Chen, F. Schmidt-Eisenlohr, D. Jiang, "Overhaul of IEEE 802.11 Modeling and Simulation in NS-2", Proc. of MSWiM'07.